

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
COURBEVOIE

11 N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

3 093 620

21 N° d'enregistrement national : 20 02242

51 Int Cl<sup>8</sup> : A 01 M 7/00 (2019.12)

12 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 05.03.20.

30 Priorité : 13.03.19 DE 10 2019 203 394.6.

43 Date de mise à la disposition du public de la demande : 18.09.20 Bulletin 20/38.

56 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Ce dernier n'a pas été établi à la date de publication de la demande.*

60 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : ROBERT BOSCH GMBH GMBH — DE.

72 Inventeur(s) : Luther Marc, Seitz Peter et Falck Tillmann.

73 Titulaire(s) : ROBERT BOSCH GMBH GMBH.

74 Mandataire(s) : CABINET HERRBURGER.

54 Procédé de réglage d'un paramètre d'un pulvérisateur agricole et pulvérisateur agricole pour sa mise en œuvre.

57 Titre: Procédé de réglage d'un paramètre d'un pulvérisateur agricole et pulvérisateur agricole pour sa mise en œuvre

Procédé (100) pour réguler un paramètre d'un pulvérisateur (10) pour pulvériser un agent de pulvérisation (24) de manière ciblée sur un objet (25, 26) à l'aide d'une unité de buses (16) consistant à:

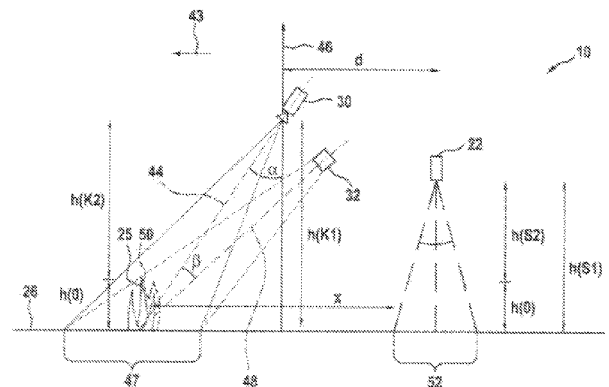
générer (102) un motif lumineux caractéristique (50) sur l'objet (25, 26) à l'aide d'une unité d'éclairage (20),

saisir (104) l'objet (25, 26) avec le motif (50) à l'aide d'une unité de caméras (18) pour obtenir une information d'images,

déterminer (106) une information de distance ( $h(S2)$ ,  $h(K2)$ ) et/ou un profil de distance de l'objet (25, 26) notamment par rapport à l'unité de caméras (18) et/ou à l'unité de buses (16) en utilisant le motif lumineux caractéristique (50), et

régler (108) le paramètre à l'aide de l'unité de commande (40) pour distribuer l'agent de pulvérisation (24) de manière ciblée sur l'objet (25, 26).

Figure 2



FR 3 093 620 - A1



## Description

### **Titre de l'invention : Procédé de réglage d'un paramètre d'un pulvérisateur agricole et pulvérisateur agricole pour sa mise en œuvre**

#### **DOMAINE DE L'INVENTION**

- [0001] La présente invention a pour objet un procédé de réglage d'un paramètre d'un pulvérisateur agricole pour pulvériser un agent de pulvérisation de manière ciblée sur un objet notamment une plante et/ou le sol d'une surface agricole à l'aide d'une unité de buses de pulvérisation du pulvérisateur agricole comprenant les étapes suivantes consistant à :
- [0002] générer un motif lumineux caractéristique sur l'objet à l'aide d'une unité d'éclairage du pulvérisateur agricole,
- [0003] saisir l'objet avec le motif lumineux caractéristique généré à l'aide d'une unité de caméras du pulvérisateur agricole pour obtenir une information d'images,
- [0004] déterminer une information de distance (notamment une distance et/ou un profil de distance de l'objet par rapport au pulvérisateur agricole) notamment par rapport à l'unité de caméras et/ou à l'unité de buses de pulvérisation, en utilisant le motif lumineux caractéristique, généré dans l'information d'images obtenue à l'aide d'une unité de commande, et
- [0005] régler le paramètre en fonction de l'information de distance déterminée de l'objet à l'aide de l'unité de commande pour distribuer l'agent de pulvérisation de manière ciblée sur l'objet.

#### **ETAT DE LA TECHNIQUE**

- [0006] Pour la distribution d'agents de lutte contre les mauvaises herbes à l'aide de pulvérisateurs agricoles, le positionnement de la buse au-dessus du sol joue un rôle principal car ainsi on modifie la surface mouillée et la quantité distribuée. Pour maintenir cette quantité constante, on utilise des pulvérisateurs agricoles équipés de capteurs de distance. De façon caractéristique il repose sur des capteurs à ultrasons comme cela est par exemple décrit dans le document DE 41 40 254 A1 ou dans le document DE 10 2015 101 982 A1. Ces capteurs régulent différents segments jusqu'à une largeur de 40 m pour les pulvérisateurs agricoles, sur une distance constante par rapport à la surface détectée comme cela est indiqué dans le document EP 2 630 856 B1. Lorsque les capteurs à ultrasons sont installés sur la flèche du pulvérisateur, en étant orientés verticalement vers le bas, le brouillard de l'agent de pulvérisation crée des difficultés pour effectuer des mesures. Pour éviter cet inconvénient, les capteurs sont orientés en biais vers l'avant ce qui se traduit par un signal très fortement atténué dans le cas de capteur à ultrasons. Le document DE 10 2015 101 982 A1 propose ainsi de déplacer les

capteurs vers l'avant lorsque la flèche est rabattue. Mais cela se traduit par une augmentation des moyens de construction mis en œuvre et du poids. Dans le cas de capteurs orientés vers le bas, on ne peut toujours détecter que le profil de sol sur lequel, on est passé. Cela ne permet pas une régulation en amont. Le document DE 10 2011 108 480 A1 décrit un pulvérisateur agricole qui utilise des capteurs d'accélération pour détecter le débattement de la flèche dans la direction de circulation et obtenir ainsi la position absolue d'une conduite dans la flèche par rapport au sol, pour bien influencer la quantité de produit distribué.

[0007] On connaît également des procédés et des systèmes qui détectent les rangées de plantes sur la base d'une image de caméras d'une machine agricole. La caméra peut être installée sur la machine en étant orientée en biais vers l'avant (voir Guerreo et al., « Crop rows and weeds detection in maize fields applying a computer vision system based on geometry », Computers and Electronics in Agriculture, 2017).

[0008] EXPOSE ET AVANTAGES DE L'INVENTION

[0009] La présente invention a pour objet un procédé pour réguler un paramètre d'un pulvérisateur agricole pour pulvériser un agent de pulvérisation de manière ciblée sur un objet notamment une plante et/ou le sol d'une surface agricole à l'aide d'une unité de buses de pulvérisation du pulvérisateur agricole comprenant les étapes suivantes consistant à :

[0010] générer un motif lumineux caractéristique sur l'objet à l'aide d'une unité d'éclairage du pulvérisateur agricole,

[0011] saisir l'objet avec le motif lumineux caractéristique généré à l'aide d'une unité de caméras du pulvérisateur agricole pour obtenir une information d'images,

[0012] déterminer une information de distance (notamment une distance et/ou un profil de distance de l'objet par rapport au pulvérisateur agricole notamment par rapport à l'unité de caméras et/ou à l'unité de buses de pulvérisation, en utilisant le motif lumineux caractéristique, généré dans l'information d'images obtenue à l'aide d'une unité de commande, et

[0013] régler le paramètre en fonction de l'information de distance déterminée de l'objet à l'aide de l'unité de commande pour distribuer l'agent de pulvérisation de manière ciblée sur l'objet.

[0014] L'invention a également pour objet une unité de commande pour régler un paramètre d'un pulvérisateur agricole pour diriger un agent de pulvérisation de manière ciblée sur un objet notamment une plante et/ou le sol d'une surface agricole à l'aide d'une unité de buses du pulvérisateur agricole,

[0015] l'unité de commande étant conçue pour exécuter des étapes suivantes :

[0016] déterminer une information de distance notamment une distance et/ou un profil de distance de l'objet par rapport au pulvérisateur agricole notamment à l'unité de

caméras à l'unité de buses de pulvérisation en utilisant un motif lumineux caractéristique généré dans une information d'images obtenues, le motif lumineux caractéristique étant généré sur l'objet à l'aide d'une unité d'éclairage du pulvérisateur agricole et l'objet est saisi avec le motif lumineux caractéristique généré à l'aide de l'unité de caméras pour obtenir l'information d'images, et

- [0017] régler le paramètre en fonction de l'information de distance obtenue de l'objet notamment en commandant une unité de positionnement et/ou une unité de transfert pour distribuer l'agent de pulvérisation de manière ciblée sur l'objet.
- [0018] L'invention a également pour objet un pulvérisateur agricole pour distribuer de manière ciblée, un agent de pulvérisation sur un objet, notamment une plante et/ou le sol d'une surface agricole à l'aide d'une unité de buses de pulvérisation, d'une unité de caméras, d'une unité de positionnement, d'une unité de transfert et de l'unité de commande décrite ci-dessus.
- [0019] L'invention a pour objet un programme d'ordinateur conçu pour exécuter toutes les étapes du procédé et/ou commander ces étapes ainsi qu'un support de mémoire lisible par une machine et contenant l'enregistrement du programme.
- [0020] Le procédé est destiné à des applications agricoles. Une application agricole dans le cadre de la présente invention est orientée vers la culture de plantes utiles.
- [0021] La distribution de l'agent de pulvérisation se fait ou sur une surface agricole ou une surface utilisée pour des usages agricoles. Il s'agit d'un champ ou d'une surface de culture de plantes ou encore d'une parcelle d'une telle surface. La surface agricole est ainsi une surface de champ, une prairie ou un pâturage. Les plantes sont par exemple des plantes utiles dont les fruits sont utilisés dans le domaine agricole (par exemple des produits alimentaires, de la nourriture de bétail et des plantes transformées en produit d'énergie) ainsi que des adventices.
- [0022] De façon préférentielle, toutes les étapes du procédé sont exécutées au cours d'un mouvement, notamment du déplacement au sol ou aérien, du pulvérisateur agricole au-dessus de la surface agricole.
- [0023] De façon avantageuse, le pulvérisateur agricole est conçu pour appliquer automatiquement le procédé permettant un traitement rapide, fiable et efficace de la surface agricole.
- [0024] Le pulvérisateur agricole est notamment une partie d'un pulvérisateur agricole ou d'un appareil pour la protection des plantes ou l'ensemble d'un tel appareil. Le pulvérisateur agricole comporte une unité mobile ou est installé sur une unité mobile ; l'unité mobile est notamment un véhicule terrestre et/ou un engin aérien et/ou une remorque. L'unité mobile est en particulier une machine agricole comme par exemple un tracteur, un pulvérisateur automoteur ou autonome ou un robot autonome ou automatique. Le pulvérisateur agricole est notamment un pulvérisateur tracté, un pulvé-

risateur automoteur ou un pulvérisateur comme accessoire. Le pulvérisateur agricole peut également être installé sur un dispositif hydraulique d'une machine agricole. On peut également envisager d'installer le pulvérisateur agricole sur la surface de chargement d'une machine agricole. En variante le dispositif de pulvérisation peut également être accroché à une machine agricole. Le pulvérisateur agricole ou analogue comporte au moins un réservoir d'agent de pulvérisation pour recevoir cet agent. Le pulvérisateur agricole peut comporter ainsi un mélangeur qui mélange directement sur le pulvérisateur agricole, le concentrat d'agent de pulvérisation avec de l'eau pour obtenir l'agent à pulvériser.

[0025] L'agent à pulvériser est notamment un liquide. L'agent à pulvériser peut être une préparation à usage agricole ou un agent phytosanitaire, en particulier un concentrat d'agent phytosanitaire. L'agent de pulvérisation peut ainsi être un pesticide ou un herbicide, fongicide ou insecticide. L'agent de pulvérisation peut également être un agent d'amendement notamment un concentré d'amendements. L'agent de pulvérisation peut également comporter un régulateur de croissance. L'agent de pulvérisation peut se présenter sous la forme d'un produit en granulés que l'on mélange à un liquide. Le liquide à pulvériser est par exemple conçu pour des liquides, des suspensions, des émulsions, des solutions ou des combinaisons de tels produits. Le liquide de pulvérisation est de préférence un agent phytosanitaire dilué dans de l'eau ou un engrais dilué dans l'eau. Le liquide de pulvérisation peut ainsi être une bouillie à pulvériser.

[0026] La distribution de l'agent de pulvérisation est assurée notamment par une unité de transfert. L'unité de transfert est conçue pour transférer un liquide et/ou des granulés sous pression en particulier pour le dosage. Ainsi l'unité de transfert comporte par exemple une ou plusieurs pompes, des pompes de transfert, des pompes de dosage, des accumulateurs de pression, les vis de transfert, des soupapes, des diaphragmes ou autre.

[0027] L'unité de buses de pulvérisation comporte de préférence au moins une buse de pulvérisation pour distribuer l'agent de pulvérisation et au moins une soupape pour commander ou réguler la quantité d'agent de pulvérisation distribuée. Ainsi l'unité de buses de pulvérisation est réalisée de façon à pouvoir être commandée ou actionnée. La soupape est installée dans la buse de pulvérisation ou intégrée dans celle-ci. La soupape peut également être en amont de la buse de pulvérisation, c'est-à-dire selon la direction de passage de l'agent de circulation, en amont de la buse de pulvérisation. L'unité de buses de pulvérisation peut également comporter plusieurs buses de pulvérisation avec chaque fois une soupape en amont. L'unité de buses de pulvérisation peut également comporter plusieurs buses de pulvérisation avec seulement une soupape en amont de façon que l'actionnement de la soupape commande la distribution de l'agent

de pulvérisation de toutes les buses de pulvérisation de cette unité de buses. La soupape peut être une soupape à modulation de largeur d'impulsion (soupape PWM) ou de soupape proportionnelle. L'unité de buses de pulvérisation est réalisée comme partie d'un système de buses du pulvérisateur agricole. Les unités de buses de pulvérisation peuvent être commandées séparément ou une à une et/ou en des groupes définis et/ou elles peuvent être commandées en commun. Les buses de pulvérisation de chaque unité de buses de pulvérisation peuvent être commandées séparément ou/et dans des groupes définis et/ou être commandées en commun.

[0028] L'information de distance est de préférence la distance verticale ou la différence de hauteur et/ou le profil de la distance verticale ou le profil de hauteur de l'objet par rapport à une unité du pulvérisateur agricole notamment par rapport à l'unité de caméras et/ou à l'unité de buses de pulvérisation.

[0029] Le paramètre réglé ou à régler, sert à distribuer « de manière ciblée » l'agent de pulvérisation sur un objet, c'est-à-dire en d'autres termes que le paramètre influence en particulier l'emplacement et l'image de la surface d'impact de l'agent de pulvérisation pour distribuer la quantité souhaitée d'agent de pulvérisation ou la quantité d'agent actif sur l'objet. Le paramètre est de préférence un paramètre géométrique en particulier la distance verticale c'est-à-dire la hauteur ou la différence de hauteur et/ou une orientation de l'unité de buses de pulvérisation par rapport à l'objet et/ou un paramètre de pulvérisation qui est notamment choisi dans le groupe comprenant les paramètres suivants : pression de pulvérisation, quantité pulvérisée, profil de pulvérisation, quantité d'agent actif contenu dans l'agent de pulvérisation. Le paramètre réglé correspond notamment à un paramètre de consigne pour distribuer de manière ciblée l'agent de pulvérisation ou la quantité d'agent de pulvérisation par rapport à l'objet.

[0030] Ainsi de préférence dans l'étape de réglage du paramètre géométrique, on fait ce réglage à l'aide d'une unité de positionnement notamment conçue pour soulever ou abaisser l'unité de buses de pulvérisation par rapport à l'objet et/ou à déplacer le long de la direction de circulation du dispositif de pulvérisation, vers l'avant ou vers l'arrière et/ou à basculer et/ou à régler le paramètre de pulvérisation à l'aide de l'unité de transfert qui est notamment conçue pour régler la pression de pulvérisation et/ou la quantité d'agent de pulvérisation et/ou le profil de pulvérisation et/ou la quantité d'agent actif contenue dans l'agent de pulvérisation. En d'autres termes, cela signifie que l'unité de positionnement est conçue pour positionner l'unité de buses de pulvérisation par rapport à l'objet. L'unité de positionnement peut être conçue pour déplacer directement ou indirectement l'unité de buses de pulvérisation. Ainsi l'unité de positionnement est conçue pour déplacer la flèche de pulvérisation, et mettre l'unité de buses de pulvérisation dans la position souhaitée. L'unité de positionnement peut également être conçue pour régler la position des buses de pulvérisation prises sé-

parément par rapport au sol, c'est-à-dire indépendamment les unes des autres.

- [0031] L'objet est de préférence une plante ou plusieurs plantes et/ou la surface du sol ou un segment de surface du sol de la surface agricole.
- [0032] Le motif lumineux caractéristique est conçu pour générer une inhomogénéité dans l'information d'image. Cette homogénéité a un gradient suffisant pour être détectable à l'aide de la caméra. Le motif optique caractéristique peut être généré par un éclairage structuré. Le motif lumineux caractéristique est de préférence accordé de manière spectrale selon l'unité de caméras. Cela permet d'utiliser des sources lumineuses à bande étroite. Le motif lumineux caractéristique utilise par exemple un élément optique de diffraction et/ou un gabarit optique (Gobo).
- [0033] L'unité d'éclairage comprend au moins un dispositif d'éclairage, de préférence un ensemble de dispositifs d'éclairage. Le dispositif d'éclairage peut se présenter sous la forme d'un laser ou comporter un laser. L'unité d'éclairage est disposée et réalisée pour générer le motif lumineux caractéristique sur la zone de prise de vues de l'unité de caméras ou d'une caméra.
- [0034] L'unité de caméras comprend au moins une caméra multispectrale ou hyperspectrale et/ou une caméra à infrarouge. L'unité de caméras est conçue pour saisir ou prendre des images NIR et/ou des images dans le domaine visible.
- [0035] L'unité de buses de pulvérisation, l'unité d'éclairage et l'unité de caméras sont installées de préférence sur la flèche du pulvérisateur agricole et en particulier l'unité de buses de pulvérisation comprend un ensemble de buses de pulvérisation ; l'unité de caméras comprend un ensemble de caméras et l'unité d'éclairage comporte un ensemble de dispositif d'éclairage. La disposition spatiale entre l'unité d'éclairage ou les dispositifs d'éclairage de l'unité d'éclairage et l'unité de caméras ou les caméras de l'unité de caméras est de préférence pratiquement fixe, c'est-à-dire qu'elle ne sera plus modifiée après le montage, pendant le fonctionnement. La caméra et les dispositifs d'éclairage sont de préférence installés en amont des buses de pulvérisation selon la direction de circulation du pulvérisateur agricole. A chaque buse de pulvérisation est associée une caméra ou sont associées deux caméras et à chaque caméra est associée un dispositif d'éclairage. Toutefois il n'est pas nécessaire d'associer à chaque buse de pulvérisation une caméra distincte et/ou à chaque caméra un dispositif d'éclairage distinct. Bien plus, une caméra peut être associée à plusieurs buses de pulvérisation, un dispositif d'éclairage peut être associé à plusieurs caméras. Par exemple une caméra peut être installée entre deux buses de pulvérisation et être associée à ces deux buses et chaque caméra est combinée à un dispositif d'éclairage particulier. Ainsi une buse de pulvérisation peut être située dans la zone transitoire entre la plage de prise de vues de deux caméras.
- [0036] Entre l'axe optique d'une caméra et l'axe optique du ou des dispositifs d'éclairage ou

du motif lumineux caractéristique respectif de la ou des dispositifs d'éclairage, il y a un angle  $\beta$ . Cela donne une position du motif lumineux caractéristique dans l'information d'images ou dans l'image de la caméra et qui dépend de la distance ou de l'éloignement. Cette relation se détermine une seule fois (calibrage) et est enregistrée dans l'unité de commandes pour déterminer à l'aide de l'angle d'inclinaison  $\alpha$  de la caméra et de la position du motif lumineux caractéristique dans l'information d'images ou plus généralement dans l'image, la distance et/ou la profil de distance par rapport à un objet dans une unité de longueur par rapport à la caméra. Cela permet de déterminer la distance verticale ou la différence de hauteur par rapport au sol et aussi la distance verticale ou la différence de hauteur par rapport à la position actuelle de l'unité de buses de pulvérisation ou la buse de pulvérisation respective qui est à une distance fixe de la caméra, et cela par rapport à l'objet. En utilisant la vitesse de circulation instantanée, on peut alors déterminer l'instant auquel on atteint la position de l'objet et ainsi régler le nouveau paramètre de façon correspondante. Cela permet à la fois de prendre en compte la hauteur de la plante par rapport au sol et aussi la hauteur de l'unité de buses de pulvérisation par rapport au sol au moment d'arriver sur la plante.

[0037] L'unité de commande comporte un calculateur pour traiter les signaux ou les données, au moins une unité de mémoire pour enregistrer les signaux et les données, au moins une interface de communication pour recevoir les données notamment pour recevoir les informations d'images et pour émettre des données et notamment des signaux de commande vers une unité notamment un actionneur. Le calculateur comporte par exemple un processeur de signal, un microcontrôleur ou un moyen analogue ; l'unité de mémoire est une mémoire flash, une mémoire EPROM ou une unité de mémoire magnétique. L'interface de communication est conçue pour recevoir et émettre des données par une liaison sans fil et/ou par fil et l'interface de communication reçoit les données par câble ou les émet par câble ou encore ces données sont émises par un moyen électrique ou optique à partir de la ligne de transmission de données et en sortie par une ligne de transmission de données.

[0038] Le procédé selon l'invention permet à l'aide notamment de caméras existant sur le pulvérisateur, d'assurer d'une manière très simple et économique, une compensation active selon les différences de hauteur des objets à traiter, pour réaliser ou maintenir une répartition homogène des agents actifs. Cela résulte notamment de ce qu'à l'aide de l'unité d'éclairage, on génère un motif lumineux caractéristique sur l'objet et ensuite on saisit l'objet et le motif lumineux caractéristique généré à l'aide de la caméra pour obtenir une information d'images. En utilisant cette information d'images, on détermine une information de distance, notamment la distance verticale et/ou la hauteur et/ou le profil de distance (distance verticale) ou hauteur de l'objet par rapport au pulvérisateur agricole notamment par rapport à l'unité de caméras et/ou à l'unité de

buses de pulvérisation servant de signal d'entrée, par exemple pour la régulation de distance ou de hauteur de l'unité de buses de pulvérisation et/ou du pulvérisateur. On peut ainsi faire un réglage préalable ou un réglage en amont de la hauteur de l'unité de buses de pulvérisation ou de la configuration de pulvérisation par rapport au sol ce qui permet une meilleure couverture et une meilleure utilisation de l'agent de pulvérisation. En plus on économise des capteurs de distance ce qui diminue le coût et les moyens constructifs mis en œuvre. En outre, la détection fondée sur les caméras permet de distinguer entre les plantes et le sol ce qui n'est pas possible avec de simples capteurs à ultrasons. On a ainsi une régulation plus précise par rapport à la distance du sol ou des plantes. En outre le procédé selon l'invention permet d'obtenir très simplement des données de mesure 3D qui permettent une régulation précise et peuvent en outre s'utiliser pour d'autres informations ou d'autres applications.

[0039] De manière avantageuse, le motif lumineux caractéristique est généré dans la plage de prise de vue de l'unité de caméras, en amont selon la direction de circulation du pulvérisateur agricole. Ce moyen permet de rendre maximale la course de réaction et ainsi le temps de réaction pour la distribution de l'agent de pulvérisation.

[0040] Suivant une autre caractéristique avantageuse, le motif lumineux caractéristique est essentiellement de forme linéaire et en particulier il est notamment perpendiculaire à la direction de circulation du pulvérisateur agricole. Ce moyen permet de générer ou de projeter très simplement le motif lumineux caractéristique.

[0041] Suivant une autre caractéristique avantageuse, le motif caractéristique comporte au moins un ensemble de plages avec des dimensions différentes notamment des largeurs et/ou des intensités et/ou des spectres de couleurs différentes. L'utilisation de dimensions différentes et/ou de canaux spectraux différents de l'unité de caméras permet d'avoir une association univoque (voir par exemple le document De Bruijn sequence : Geng, Structured-light 3D surface imaging : Advances in Optics and Photonics (3), 2001). On peut ainsi avoir des lignes dans le canal rouge qui sont perpendiculaires à la direction de circulation et une ligne de largeur double dans le canal vert qui est également perpendiculaire à la direction de circulation.

[0042] De manière avantageuse, l'unité de commande utilise les informations d'images fournies par l'unité de caméras pour assurer d'autres missions notamment obtenir des informations relatives aux plantes, notamment classifier ou segmenter les plantes et/ou des informations de terrain ou de sol, notamment le degré de couverture du sol de la surface agricole par les plantes et/ou de classifier le sol et/ou d'obtenir un profil de hauteur des plantes et/ou du sol de la surface agricole. En d'autres termes, l'unité de commande et ainsi l'unité de caméras s'utilisent au moins en partie pour d'autres missions, à savoir notamment la saisie ou la formation d'information relatives aux plantes et/ou d'informations de sol en particulier le degré de couverture du sol par les

plantes et/ou les profils de hauteur. Cela permet ainsi d'obtenir directement des informations d'images saisies pour régler le paramètre sans nécessiter d'importants moyens supplémentaires pour générer des informations et des données décisives. On peut également envisager de combiner les profils de hauteur de plusieurs caméras voisines et d'effectuer d'autres étapes de travail en particulier pour faire des moyennes ou déterminer des tendances concernant un segment du pulvérisateur, par exemple une plage composée de plusieurs buses de pulvérisation que l'on règle globalement en hauteur et en inclinaison.

[0043] Il est également avantageux d'utiliser les informations de distance obtenues pour avoir une régulation spécifique de distance fournie par le calculateur et en outre de régler en fonction des paramètres. Cela permet de réaliser la régulation spécifique de distance en fonction de certaines plages des objets, comme par exemple l'arête supérieure (moyenne) des plantes de la distance des feuilles (distance moyenne) ou encore de la surface moyenne du sol pour la régulation et cet objectif découle de la nature de l'application selon l'image de pulvérisation homogène à obtenir.

[0044] De manière avantageuse, l'invention a également pour objet un produit programme d'ordinateur ou un programme d'ordinateur avec un code programme enregistré sur un support lisible par une machine ou un support de mémoire tel qu'un disque semi-conducteur, un disque dur ou une mémoire optique et qui est appliqué pour exécuter le programme en commandant les étapes du programme selon l'une quelconque des formes de réalisation décrites ci-dessus lorsque le produit programme ou le programme est exécuté par un ordinateur.

### **Brève description des dessins**

[0045] La présente invention sera décrite ci-après de manière plus détaillée à l'aide d'un exemple de réglage d'un paramètre d'un pulvérisateur agricole et d'un pulvérisateur agricole ainsi réglé et représenté dans les dessins annexés dans lesquels les différentes éléments identiques ou analogues portent les mêmes références dans les différentes figures et leur description ne sera pas systématiquement reprises. Ainsi :

[0046] [fig.1] schéma d'un pulvérisateur agricole,

[0047] [fig.2] schéma de la disposition géométrique de base d'une buse de pulvérisation, d'une caméra et d'une unité d'éclairage,

[0048] [fig.3] schéma d'un mode de réalisation d'un motif lumineux caractéristique avec deux canaux spectraux et deux largeurs de bandes, et

[0049] [fig.4] ordinogramme d'un procédé.

[0050] DESCRIPTION D'UN MODE DE REALISATION

[0051] La figure 1 est le schéma d'un pulvérisateur agricole portant globalement la référence 10.

- [0052] Le pulvérisateur agricole 10 est sous la forme d'un pulvérisateur de surface agricole 10. Le pulvérisateur 10 est installé sur un véhicule mobile 12 en forme de tracteur 12.
- [0053] Le pulvérisateur agricole 10 comporte une flèche de support de pulvérisateur 14. La flèche 14 porte une unité de buses de pulvérisation 16, une unité de caméras 18 et une unité d'éclairage 20. L'unité de buses de pulvérisation 16 comporte plusieurs buses de pulvérisation 22 pour distribuer un agent de pulvérisation 24 ou un liquide de pulvérisation 24 sur les plantes 25 et/ou sur le sol 26 d'une surface agricole 28. L'unité de caméras 18 a un ensemble de caméras 30 installées à proximité des buses de pulvérisation 22. L'unité d'éclairage 20 comporte un ensemble du dispositif d'éclairage 32 qui sont situés à proximité des caméras 30. Comme cela sera décrit de manière plus détaillée ci-après à l'aide de la figure 2, l'unité d'éclairage 20 ou les dispositifs d'éclairage 32 génèrent un motif lumineux caractéristique sur un objet, notamment sur une plante 25 et/ou sur le sol 26 pour obtenir des informations de distance concernant notamment la distance et/ou le profil de la distance des objets 25, 26, c'est-à-dire des plantes 25 et/ou du sol 26 par rapport au pulvérisateur agricole 10 notamment par rapport à l'unité de caméras 18 et/ou à l'unité de buses de pulvérisation 16.
- [0054] Le pulvérisateur agricole 10 comporte en outre une unité de transfert 34 pour transférer l'agent de pulvérisation 24 d'un réservoir 36 ou de buses de pulvérisation 22. L'unité de transferts 34 est réalisée de façon à régler ou à modifier un paramètre de pulvérisation comme par exemple la pression de pulvérisation et/ou la quantité d'agent de pulvérisation et/ou de profil de pulvérisation et distribuer de manière ciblée la quantité souhaitée d'agent de pulvérisation ou d'agent actif sur l'objet 25, 26 c'est-à-dire la plante 25 et/ou la surface du sol 26.
- [0055] Le pulvérisateur agricole 10 comporte en outre une unité de positionnement 38 pour déplacer et positionner la flèche de support 14 et ainsi la position de l'unité de buses de pulvérisation 16 c'est-à-dire les buses de pulvérisation 20 par rapport aux plantes 25 et/ou au sol 26 ou de modifier cette distance. Ainsi l'unité de positionnement 38 est réalisée pour régler le paramètre géométrique, comme par exemple la distance et/ou l'orientation des buses de pulvérisation 22 par rapport à la plante 25 et/ou au sol 26.
- [0056] Le pulvérisateur agricole 10 comporte en outre l'unité de commande 40 reliée aux caméras 30 pour recevoir les informations d'images de celles-ci. L'unité de commande 40 comporte un calculateur 42 pour exécuter les étapes de calcul ou de traitement d'images et appliquer le procédé selon l'invention. Le calculateur 42 est conçu pour déterminer une information de distance notamment la distance et/ou le profil de distance de l'objet 25, 26 par rapport au pulvérisateur agricole 10 notamment par rapport à l'unité de caméras 18 et/ou à l'unité de buses de pulvérisation 16 en utilisant le motif lumineux caractéristique généré dans l'information d'images obtenue. L'unité de commande 40 est en outre conçue pour commander l'unité de positionnement 38 et/

ou l'unité de transfert 34 en fonction de l'information de distance obtenue pour l'objet 25, 26 et régler ainsi le paramètre géométrique et/ou le paramètre de pulvérisation et distribuer l'agent de pulvérisation 24 de manière ciblée sur l'objet 25, 26.

- [0057] La figure 2 est une vue de côté montrant la disposition géométrique de base d'une buse de pulvérisation 22, d'une caméra 30 et d'un dispositif lumineux 32 sur le pulvérisateur agricole 10.
- [0058] La buse de pulvérisation 22 est située derrière la caméra 30 selon la direction de circulation 43 du pulvérisateur agricole 10 et à une distance verticale ou hauteur  $h(S1)$  par rapport au sol 26. La caméra 30 est orientée vers l'avant en direction du sol 26 selon la direction de circulation 43. La distance verticale ou hauteur de la caméra 30 par rapport au sol 26 porte le référence  $h(K1)$ . L'axe optique 44 de la caméra 30 a ainsi un angle d'inclinaison  $\alpha$  par rapport à la direction verticale 46. Le dispositif lumineux 32 est accordé sur la plage de réception 47 de la caméra 30 et éclaire cette plage sous un angle  $\beta$  c'est-à-dire que l'axe optique 48 du dispositif lumineux 32 fait un angle  $\beta$  par rapport à l'axe optique 44 de la caméra 30. Ainsi le dispositif lumineux 32 génère un motif lumineux caractéristique 50 sur la plante 25 et le sol 26. La plante 25 a ainsi une hauteur  $h(O)$ .
- [0059] Comme décrit ci-dessus, l'unité de commande 40 ou le calculateur 42 sont conçus pour déterminer la hauteur  $h(O)$  de la plante 25 à l'aide du motif lumineux caractéristique 50 contenu dans l'information d'images obtenue. Cela permet d'obtenir l'information de distance c'est-à-dire la distance verticale ou la différence de hauteur  $h(K2)$  entre la caméra 30 et la plante 25 et ainsi la distance verticale ou la différence de hauteur  $h(S2)$  entre la buse de pulvérisation 22 et la plante 25. En fonction de cette information de distance  $h(S2)$ ,  $h(K2)$  on peut finalement régler le paramètre pour distribuer l'agent de pulvérisation 24 de manière ciblée sur la plante 25.
- [0060] La distance géométrique  $x$  entre la plante 25 et la plage de pulvérisation 52 de la buse de pulvérisation 22 suivante donne le temps d'avance disponible pour régler le paramètre en fonction de la vitesse de circulation du pulvérisateur agricole 10.
- [0061] La figure 3 montre un motif lumineux caractéristique 50 à deux canaux spectraux  $S1$ ,  $S2$  et deux largeurs de bande. L'intensité du motif lumineux caractéristique 50 c'est-à-dire de l'éclairage dans chaque canal spectral est donnée à droite. Cette réalisation permet une association univoque de la variation d'intensité.
- [0062] La figure 4 montre un ordinogramme du procédé 100 de réglage du paramètre d'un pulvérisateur agricole 10 pour distribuer un agent de pulvérisation 24 de manière ciblée sur un objet 25, 26 notamment une plante 25 et/ou le sol 26 d'une surface agricole 28 à l'aide d'une unité de buses 16 du pulvérisateur agricole 10. Le procédé 100 comprend une étape consistant à générer 102 un motif lumineux caractéristique 50 sur l'objet 25, 26 à l'aide d'une unité d'éclairage 20 du pulvérisateur agricole 10. Le procédé 100

comprend en outre une étape de saisie 104 de l'objet 25, 26 à l'aide du motif lumineux caractéristique 50 ainsi généré, à l'aide d'une unité de caméras 18 pour obtenir une information d'images. Le procédé 100 comprend en outre une étape de détermination 106 d'une information de distance  $h(S2)$ ,  $h(K2)$  notamment de la distance  $h(S2)$ ,  $h(K2)$  et/ou le profil de distance de l'objet 25, 26 par rapport au pulvérisateur agricole 10 notamment à l'unité de caméras 18 et/ou de l'unité de buses de pulvérisation 16 en utilisant le motif lumineux caractéristique 50 généré dans l'information d'images obtenue à l'aide d'une unité de commandes 40. Le procédé 100 comprend en outre une étape de réglage 108 du paramètre en fonction de l'information de distance déterminée  $h(S2)$ ,  $h(K2)$  de l'objet 25, 26 à l'aide de l'unité de commande 40 pour distribuer l'agent de pulvérisation 24 de manière ciblée sur l'objet 25, 26.

- [0063] NOMENCLATURE DES ELEMENTS PRINCIPAUX
- [0064] 10 Pulvérisateur agricole
- [0065] 12 Véhicule agricole/tracteur
- [0066] 14 Flèche
- [0067] 16 Unité de buses de pulvérisation
- [0068] 18 Unité de caméras
- [0069] 20 Unité d'éclairage
- [0070] 22 Buse de pulvérisation
- [0071] 24 Agent de pulvérisation/liquide du pulvérisation
- [0072] 25 Plante
- [0073] 26 Sol
- [0074] 28 Surface agricole
- [0075] 30 Caméra
- [0076] 32 Dispositif d'éclairage
- [0077] 34 Unité de transfert
- [0078] 36 Réservoir de liquide de pulvérisation
- [0079] 38 Unité de positionnement
- [0080] 40 Unité de commande
- [0081] 50 Motif lumineux caractéristique
- [0082] 100 Procédé
- [0083] 102-108 Etapes du procédé
- [0084]  $h(S1)$  Hauteur de la buse de pulvérisation
- [0085]  $h(K1)$  Hauteur de la caméra
- [0086]  $h(O)$  Hauteur de la plante
- [0087]  $h(K2)$  Différence de hauteur entre la caméra et la plante
- [0088]  $h(S2)$  Différence de hauteur entre la buse de pulvérisation et la plante

## Revendications

- [Revendication 1] Procédé (100) pour réguler un paramètre d'un pulvérisateur agricole (10) pour pulvériser un agent de pulvérisation (24) de manière ciblée sur un objet (25, 26) notamment une plante (25) et/ou le sol (26) d'une surface agricole (28) à l'aide d'une unité de buses (16) du pulvérisateur agricole (10) comprenant les étapes suivantes consistant à :
- générer (102) un motif lumineux caractéristique (50) sur l'objet (25, 26) à l'aide d'une unité d'éclairage (20) du pulvérisateur agricole (10), saisir (104) l'objet (25, 26) avec le motif lumineux caractéristique (50) généré à l'aide d'une unité de caméras (18) du pulvérisateur agricole (10) pour obtenir une information d'images, déterminer (106) une information de distance ( $h(S2)$ ,  $h(K2)$ ) (notamment une distance ( $h(S2)$ ),  $h(K2)$ ) et/ou un profil de distance de l'objet (25, 26) par rapport au pulvérisateur agricole (10) notamment par rapport à l'unité de caméras (18) et/ou à l'unité de buses de pulvérisation, (16) en utilisant le motif lumineux caractéristique (50), généré dans l'information d'images obtenue à l'aide d'une unité de commande (40), et régler (108) le paramètre en fonction de l'information de distance déterminée ( $h(S2)$ ),  $h(K2)$ ) de l'objet (25, 26) à l'aide de l'unité de commande (40) pour distribuer l'agent de pulvérisation (24) de manière ciblée sur l'objet (25, 26).
- [Revendication 2] Procédé (100) selon la revendication 1, caractérisé en ce que le paramètre est un paramètre géométrique, notamment la distance verticale ( $h(S2)$ ,  $h(K2)$ ) et/ou l'orientation de l'unité de buses de pulvérisation (16) par rapport à l'objet (25, 26), et/ou un paramètre de pulvérisation qui est notamment choisi dans le groupe comprenant : pression, de pulvérisation, quantité d'agent de pulvérisation, profil de pulvérisation, quantité d'agent actif dans l'agent de pulvérisation.
- [Revendication 3] Procédé (100) selon la revendication 2, caractérisé en ce que dans l'étape de réglage (108), on règle le paramètre géométrique à l'aide d'une unité de positionnement (38) qui est notamment réalisée pour soulever l'unité de

buses de pulvérisation (16) par rapport à l'objet (25, 26) et/ou l'abaisser et/ou le déplacer vers l'avant ou vers l'arrière et/ou le basculer par rapport à la direction de circulation (43) du pulvérisateur (10), et/ou régler le paramètre de pulvérisation à l'aide d'une unité de transfert (34) qui est notamment réalisée pour régler la pression de pulvérisation et/ou la quantité d'agent de pulvérisation et/ou le profil de pulvérisation et/ou la quantité d'agent actif dans l'agent de pulvérisation.

[Revendication 4] Procédé (100) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le motif lumineux caractéristique (50) est généré dans la zone de réception avant (47) de l'unité de caméras (18) selon la direction de circulation (43) du pulvérisateur agricole (10).

[Revendication 5] Procédé (100) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le motif lumineux caractéristique (50) est essentiellement de forme linéaire et en particulier, il est essentiellement perpendiculaire à la direction de circulation (43) du pulvérisateur agricole (10).

[Revendication 6] Procédé (100) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le motif lumineux caractéristique (50) comporte au moins deux et en particulier un grand nombre de zones de dimensions différentes notamment en largeur et/ou en longueur et/ou en intensité et/ou en spectre de couleurs.

[Revendication 7] Procédé (100) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le motif lumineux caractéristique (50) est généré en utilisant des éléments optiques de diffraction et/ou un motif Gobo.

[Revendication 8] Procédé (100) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'unité de buses de pulvérisation (16), l'unité de caméras (18) et l'unité d'éclairage (20) sont montées sur la flèche (14) du pulvérisateur (10) et notamment l'unité de buses de pulvérisation (16) comporte un ensemble de buses de pulvérisation (22), l'unité de caméras (18) comporte un ensemble de caméras (30) et l'unité d'éclairage (20) comporte un ensemble d'unité d'éclairage (32), les caméras (30), et les unités d'éclairage (32) étant situées en amont des buses de pulvérisation (22) selon la direction de circulation (43) du pulvérisateur agricole (10).

[Revendication 9] Procédé (100) selon l'une des revendications précédentes,

caractérisé en ce que

l'unité de commande est réalisée de façon qu'en utilisant les informations d'images obtenues à l'aide de l'unité de caméras (18), on peut effectuer d'autres missions notamment :

déterminer des informations relatives notamment aux plantes (25) pour les classifier ou les segmenter, et/ou

des informations relatives au sol notamment le degré de couverture du sol (26) de la surface agricole (28) par les plantes (25) et/ou classifier le sol, et/ou

générer un profil de hauteur des plantes (25) et/ou du sol (26) de la surface agricole (28).

[Revendication 10] Procédé (100) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'

en utilisant les informations de distance ( $h(S2)$ ,  $h(K2)$ ) obtenues, on détermine une régulation spécifique de distance à l'aide de l'unité de commande (40) et en outre, on la règle en fonction des paramètres.

[Revendication 11] Unité de commande (40) pour régler un paramètre d'un pulvérisateur agricole (10) pour diriger un agent de pulvérisation (24) de manière ciblée sur un objet (25, 26) notamment une plante (25) et/ou le sol (26) d'une surface agricole (28) à l'aide d'une unité de buses (16) du pulvérisateur agricole (10),

l'unité de commande (40) étant conçue pour exécuter des étapes suivantes :

déterminer (106) une information de distance ( $h(S2)$ ,  $h(K2)$ ) notamment une distance ( $h(S2)$ ,  $h(K2)$ ) et/ou un profil de distance de l'objet (25, 26) par rapport au pulvérisateur agricole (10) notamment à l'unité de caméras (18) à l'unité de buses de pulvérisation (16) en utilisant un motif lumineux caractéristique (50) généré dans une information d'images obtenues, le motif lumineux caractéristique (50) étant généré sur l'objet (25, 26) à l'aide d'une unité d'éclairage (20) du pulvérisateur agricole (10) et l'objet (25, 26) est saisi avec le motif lumineux caractéristique (50) généré à l'aide de l'unité de caméras (18) pour obtenir l'information d'images, et

régler (108) le paramètre en fonction de l'information de distance obtenue ( $h(S2)$ ,  $h(K2)$ ) de l'objet (25, 26) notamment en commandant une unité de positionnement (38) et/ou une unité de transfert (34) pour distribuer l'agent de pulvérisation (24) de manière ciblée sur l'objet (25, 26).

- [Revendication 12] Pulvérisateur agricole (10) pour distribuer de manière ciblée un agent de pulvérisation (24) sur un objet (25, 26) notamment une plante (25) et/ou le sol (26) d'une surface agricole (28) à l'aide d'une unité de buses de pulvérisation (16), une unité de caméras (18), une unité de positionnement (38), une unité de transfert (34) et une unité de commande (40) selon la revendication 11.
- [Revendication 13] Programme d'ordinateur conçu pour exécuter toutes les étapes du procédé selon l'une des revendications 1 à 10, et support de mémoire lisible par une machine comportant l'enregistrement du programme d'ordinateur selon la revendication 13.



[Fig. 4]

